

УДК 669.2

Потапов Б.Б., Пинчук В.А., Шелудько И.Б.

### ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ КОМБИНИРОВАНИЕ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ШЛАМОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА И ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТЬ

При переработке скопившихся возле многих металлургических заводов больших запасов (по несколько миллионов тон) замасленной окалины в смеси со шламами процессы жидкофазного восстановления (ПЖВ) обеспечивают себестоимость чугуна значительно более низкую, чем при выплавке чугуна в доменной печи [1,2]. Потенциальные преимущества таких процессов – весьма значительны. Процессы жидкофазного восстановления не требуют коксующихся углей и окискованного железорудного сырья, могут перерабатывать любые технологические отходы, в том числе с высоким содержанием цинка, свинца, щелочей и других вредных примесей. Они значительно проще в управлении, чем доменные печи. Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ сокращаются в 5–10 раз, по сравнению с коксо-агло-доменной технологией.

Продвижение и реализация процессов жидкофазного восстановления сдерживается следующими причинами. В связи с высоким уровнем температур в объеме реактора возникают серьезные затруднения с сжиганием газа над ванной из-за диссоциации трехатомных компонентов. Температура газов из реактора, в зависимости от степени их дожига над ванной, составляет 1500–1800 °С, а в их составе содержание горючих компонентов соответствует теплоте сгорания 2,2–7,5 МДж/м<sup>3</sup>. Химически связанное тепло газов составляет 70–40 % общего содержания в них тепловой энергии [3].

Все это создает предпосылки создания энерготехнологического комплекса, обеспечивающего за счет утилизации химической и физической энергии высокотемпературных продуктов из реактора высокие энергетические и экономические показатели процесса.

Разработана система энергетической утилизации химического и теплового потенциала газов из реактора ПЖВ. Достоинством предложенного решения является комплексный подход и высокая эффективность преобразования энергии. Схематическое изображение комплекса представлено на рис. 1.

Условно схему блока энергетического использования потенциала газов из реактора можно разбить на следующие функциональные модули: утилизация физического тепла газа и шлака; очистка газа от зольного уноса; газотурбинный цикл; паротурбинный цикл. Каждый функциональный модуль характеризуется определенным набором технологических параметров.

Газотурбинная установка состоит из компрессора, камеры сгорания и турбины. Газовая турбина работает на смеси продуктов сгорания газа и воздуха. Компрессорная группа обеспечивает общую степень сжатия 6:1 и сжимает количество воздуха, необходимое как для сжигания генераторного газа в камере сгорания, так и для расхолаживания продуктов сгорания перед газовой турбиной. Камера сгорания конструируется компактной в расчете на большую теплонапряженность. Генератор электроэнергии связан тем же валом, что и турбина с компрессорами. Турбина передает мощность на вал, где приблизительно половина мощности используется для привода компрессоров, а остальная часть – электрогенератора. Для повышения эффективности схемы энергия, полученная от уходящих газов турбины, используется для получения перегретого пара в котле-утилизаторе.



Газ, покидає реактор з температурою 1700 °С. Процес охолодження газу здійснюється в охладителі газу, позволяющего вернуть в цикл определенную часть физического тепла газов. В процессе охладження газу в охладителі здійснюється значительный отвод теплоты (до 85 %), которая передается питательной воде паротурбинного цикла для получения перегретого пара. Паровая турбина, применяемая в этом цикле, обычно является конденсационной без регенеративного подогрева питательной воды. В схеме нецелесообразно использовать паровую турбину с промежуточным перегревом пара. В парогазовом цикле, подогрев воздуха до компрессора нецелесообразен, а после компрессора невозможен, и воздухонагреватель в охладителе генераторного газа отсутствует. Таким образом, отводимое тепло от газа идет на генерацию пара. На долю парового потока приходится до 50 % мощности вырабатываемой парогазовой установкой. Расплав шлака, получаемый в технологическом процессе, охлаждается на водоохлаждаемых валках, утилизируя свою теплоту, затвердевает, а затем измельчается на дробящих валках и используется как строительный материал, а не выбрасывается в шлаковые отвалы тем самым, загрязняя окружающую среду.

В реакторе ПЖВ (1) реализуется технологический процесс с образованием чугуна, газа и расплава шлака (рис. 1). Высокотемпературный газ поступает в охладитель газа (2). После него газ подается на очистку. Вначале очищается от крупнодисперсных частиц шлака в циклоне (3) а затем дочищается в металлканевом фильтре (4). Очищенный газ сжимается в турбокомпрессоре (5) и вместе со сжатым воздухом из компрессора воздуха (6) подводится в камеру сгорания (7). Продукты сгорания поступают в газовую турбину (8) для выработки электроэнергии. Отработанные продукты сгорания из газовой турбины охлаждаются в котле-утилизаторе (10). Далее дымовые газы проходят через дымосос (11) и выбрасываются в атмосферу.

Образующийся жидкий шлак стекает в копильник расплава, оттуда поступает на водоохлаждаемые валки (12), затвердевает, а затем измельчается на дробящих валках. Перегретый пар, образующийся в охладителе, подается в паровую турбину (13) для выработки электроэнергии. Из турбины отработанный пар конденсируется в конденсаторе (15) и подается насосом (16) в деаэратор (17) вместе с подпиточной водой из блока химической очистки воды (18), компенсирующей потери воды и пара в системе. Другой поток высокотемпературного газа из реактора направляется для сушки (19) и подогрева сырья (20) для технологического процесса. Общий тепловой баланс комплекса приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Общий тепловой баланс комплекса производительностью 40 т/ч

Статьи баланса прихода	ГДж/ч	%	Статьи баланса расхода	ГДж/ч	%
Химическая теплота газа	161,4	9,5	Теплота на паровую турбину	98,64	24,1
Физическая теплота газа	202,3	49,5	Теплота на газовую турбину	66,6	16,3
Физическая теплота шлака	42,1	10,3	Теплота на привод компрессоров	49,3	12,1
Физическая теплота воздуха	3,2	0,7	Потери теплоты со шлаком	26,1	6,4
			Потери теплоты с уходящими газами	39,6	9,7
			Потери в охладителе газа	12,77	3,1
			Потери в газотурбинном блоке	4,7	1,1
			Потери в паротурбинном блоке	111,29	27,2
Итого	409	100	итого	409	100

Проведенная оценка эффективности предложенной схемы показала, что КПД брутто представленной системы составляет до 55 %, а КПД нетто 40 %. При производительности реактора ПЖВ 40т/ч и пропускании через блок энергетического использования энергии 70000 м<sup>3</sup>/ч газообразных продуктов процесса мощность парогазового цикла составит 46 МВт. При полной утилизации физического и химического потенциала газов из реактора в комплексе энергетического использования (утилизируется энергия 130000 м<sup>3</sup>/ч газов) выработка электрической энергии составит 84,3 МВт.

#### Литература

1. Процесс Ромелт / Под ред. В.А. Роменца. – М.: МИСИС. Издательский дом «Руда и металл», 2005. – 400 с.
2. Вильдинов С.К., Валавин В.С., Роменец В.А. Перспективы применения технологии Ромелт для переработки красных шламов // Сталь. – 1998. – № 7. – С. 73–78.
3. Похвистнев Ю.В, Томилин И.А. Термодинамический анализ дожигания СО и Н<sub>2</sub>О в металлургических агрегатах // Известия Вузов Черная металлургия. – 1989. – №11. – С. 80–10.

УДК 669.2

Потапов Б.Б., Пінчук В.О., Шелудько І.Б.

#### **ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЧНЕ КОМБІНУВАННЯ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ ШЛАМІВ МЕТАЛУРГІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА І ЙОГО ЕФЕКТИВНІСТЬ**

Представлено енерготехнологічний комплекс по переробці шламів металургійного виробництва. Основу установки складає реактор, у якому реалізується процес жидкофазного відновлення сировини з одержанням залозистого розплаву. Утилізація хімічного і теплового потенціалу газів з реактора здійснюється в паротурбінному і газотурбінному циклах. Представлено оцінку енергетичної ефективності розробки.